

Chapitre IV — Le Système Nerveux des Insectes

IV.1. Introduction

Le système nerveux des insectes représente un modèle remarquable d'organisation à la fois centralisée et segmentée. Contrairement aux vertébrés, il est condensé mais hautement efficace, avec une spécialisation fonctionnelle directement liée aux comportements alimentaire, reproducteur et défensif.

IV.2. Organisation générale

Le système nerveux des insectes est bilatéralement symétrique et divisé en :

- Système nerveux central (SNC) : cerveau + chaîne ganglionnaire ventrale
- Système nerveux périphérique (SNP) : nerfs sensoriels et moteurs
- Système nerveux stomatogastrique (SNS) : contrôle des fonctions digestives

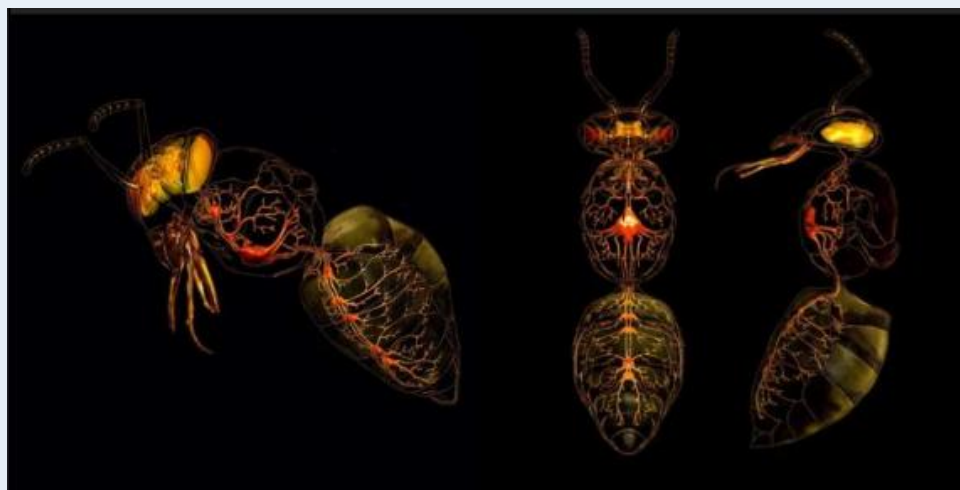


Figure IV.1 — Illustration 3D du système nerveux d'une abeille (Source : Eric Keller – Bioopatone).

IV.3. Le Système Nerveux Central (SNC)

IV.3.1. Le Cerveau (Synganglion supra-œsophagien)

Bien que de petite taille, le cerveau des insectes est divisé en trois régions principales :

A. Protocérébron

Le plus volumineux. Il traite les informations visuelles et intègre les comportements complexes. Ses composants clés :

- Corps pédonculés : centres d'apprentissage et de mémoire spatiale. Très développés chez les Hyménoptères sociaux (jusqu'à 40 % du volume cérébral chez l'abeille). Analogues fonctionnels du cortex cérébral des vertébrés.
- Lobes optiques (lamina, medulla, lobula) : traitent les signaux des yeux composés (mouvement, couleur, polarisation de la lumière).

B. Deutocérébron

Associé aux antennes. Il contient deux lobes antennaires comprenant :

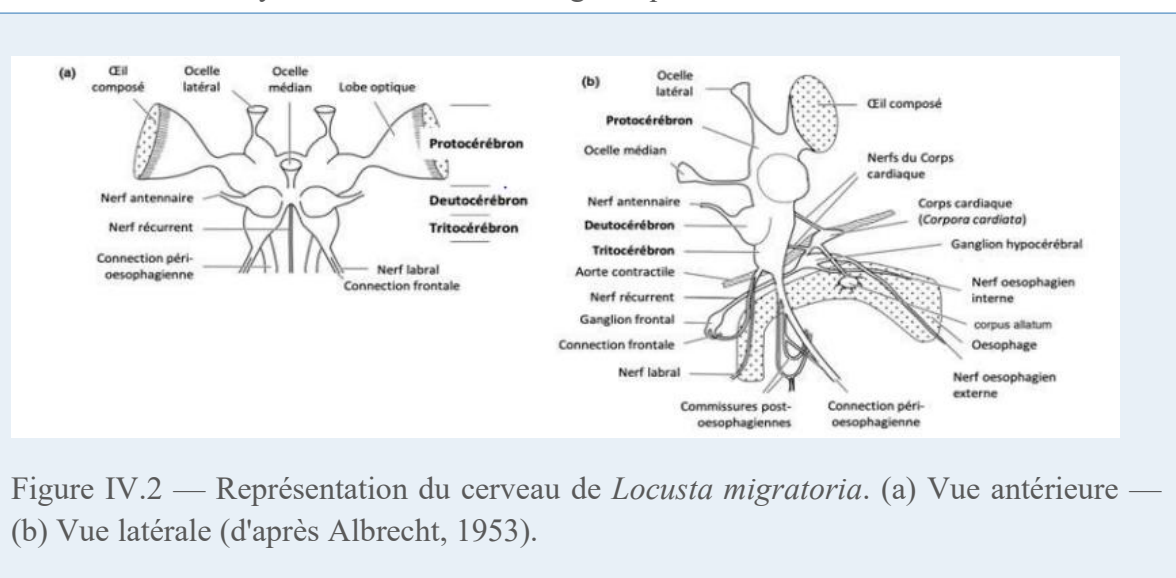
- Les neurones du système olfactif (chémorécepteurs)
- Les centres mécanosensoriels et moteurs antennaires
- Lobes antennaires organisés en glomérules : chaque glomérule correspond à une odeur spécifique (phéromones sexuelles, composés volatils des plantes).

✓ Application phytosanitaire

Les phéromones de synthèse utilisées en confusion sexuelle ciblent précisément les circuits glomérulaires du deutocérébron. C'est l'une des bases de la lutte biologique par perturbation de la communication chimique.

C. Tritocérébron

La plus petite région du cerveau (la moins étudiée). Il contrôle les muscles du labre et fait le lien avec le système nerveux stomatogastrique.



IV.3.2. La Chaîne Ganglionnaire Ventrale

Organisation métamérique :

- Ganglion prothoracique : innerve les pattes antérieures et les muscles de locomotion.
- Ganglions méso- et métathoraciques : coordonnent le vol via des centres générateurs de rythme (CPG) produisant des motifs d'activité musculaire cycliques.
- Ganglions abdominaux (nombre variable selon les espèces, fusionnés chez les Diptères) : contrôlent la ponte, la respiration (ouverture/fermeture des stigmates) et les mouvements abdominaux.

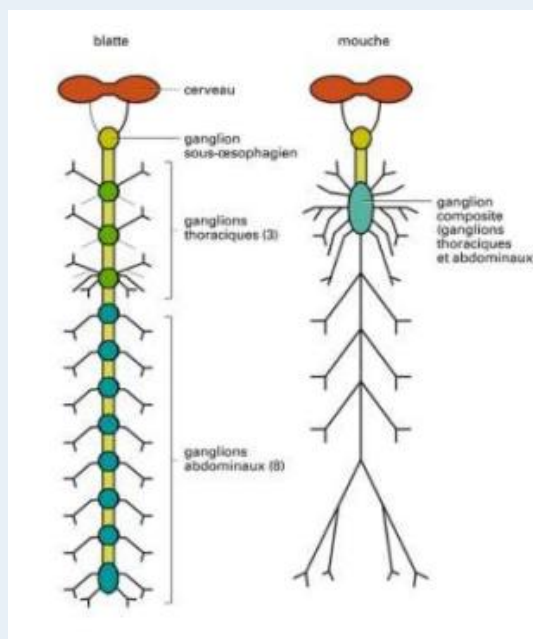


Figure IV.3 — Comparaison entre ganglions fusionnés et non fusionnés (exemple : blatte vs mouche).

IV.3.3. Le Système Nerveux Sympathique (viscéral)

Il innerve les principaux viscères et se subdivise en :

- Système stomatogastrique : en relation avec le tritocérébron ; en position dorsale sur l'intestin antérieur ; innerve l'intestin antérieur, l'intestin moyen et le cœur.
- Système sympathique ventral : nerfs ventraux associés aux ganglions de la chaîne ; innervent les stigmates.
- Système sympathique caudal : connecté aux derniers ganglions de la chaîne ventrale ; innerve les organes reproducteurs et l'intestin postérieur.

IV.3.4. Le Système Nerveux Périphérique (SNP)

Il comprend les nerfs sensoriels (afférents — récepteurs → SNC) et moteurs (efférents — SNC → muscles/glandes).

- Soies tactiles : mécanorécepteurs bipolaires sensibles aux vibrations et contacts.
- Chimiorécepteurs : sur les antennes, palpes labiaux et tarsi ; détectent sucres, alcaloïdes, composés végétaux.

IV.4. Physiologie de la Neurotransmission

IV.4.1. Transmission électrique (potentiel d'action)

La propagation du signal suit le schéma classique : dépolarisation (ouverture des canaux Na^+) → repolarisation (fermeture Na^+ + ouverture K^+). Particularité des insectes : absence de myéline, mais certains axones sont enveloppés de cellules gliales

accélérant la conduction.

Les synapses électriques (gap junctions) à connexons/innexines permettent une transmission ultra-rapide et bidirectionnelle (ex. : réflexe de fuite de la blatte).

IV.4.2. Transmission chimique (synapses)

1. Arrivée du potentiel d'action dans la terminaison présynaptique.
2. Entrée de Ca^{2+} via les canaux calciques voltage-dépendants.
3. Fusion des vésicules synaptiques (protéines SNARE) → libération des neurotransmetteurs dans la fente synaptique.
4. Fixation sur les récepteurs postsynaptiques → EPSP (excitateur) ou IPSP (inhibiteur).

Principaux neurotransmetteurs des insectes :

Neurotransmetteur	Type	Cible / Rôle
Acétylcholine (ACh)	Excitateur	Synapses centrales principales
GABA	Inhibiteur	Interneurones, muscles
Glutamate	Excitateur	Jonctions neuromusculaires
Dopamine / Sérotonine	Modulateur	Comportement, apprentissage

IV.5. Insecticides et Système Nerveux

La majorité des insecticides agissent en perturbant la transmission synaptique. Les principaux mécanismes de résistance développés par les insectes sont :

Famille d'insecticides	Cible	Mécanisme de résistance
Pyréthrinoïdes	Canaux Na^+ voltage-dépendants	Mutation kdr (L1014F) — 100 à 1000× moins sensibles
Organophosphorés	Acétylcholinestérase (AChE)	Mutation chez l'AChE ; surexpression d'estérases
Néonicotinoïdes	Récepteurs nicotiniques nAChR	Surexpression de cytochromes P450 (dégradation)
Organochlorés (GABA)	Canaux Cl^- (récepteurs GABA-A)	Mutation rdl ; barrière hémato-encéphalique renforcée